

ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DE POTENCIA EN SISTEMAS IS-95 CDMA Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA

Cristopher J. Delgado Fortty ⁽¹⁾; Kerling A. Cando Garcés ⁽²⁾; Washington A. Medina Moreira Ing. ⁽³⁾

⁽¹⁾⁽²⁾ Miembros de la Tesina de Seminario previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

⁽³⁾ Director de Tesina de Graduación, profesor de la ESPOL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación-FIEC,

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

⁽¹⁾ cristopherjdf@hotmail.com, ⁽²⁾ kerlingc@hotmail.com, ⁽³⁾ wmedina@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal desarrollar una herramienta didáctica de carácter explicativa, que permita a los estudiantes de telecomunicaciones y a la sociedad en general, entender y comprender de manera clara y sencilla como funciona el Control de Potencia que se aplica en sistemas IS-95 CDMA, para solucionar problemas de: interferencia entre los agentes que intervienen en el proceso de comunicación, y de desgaste de la energía que usan los dispositivos móviles CDMA.

Adicionalmente, desarrollamos un video a modo de herramienta didáctica explicativa, que introduce conceptos generales sobre el Control de Potencia en IS-95 CDMA, con la finalidad de explicar de manera sencilla, clara y menos abstracta, los procedimientos usados en este tipo de sistemas, sin dejar a un lado las terminologías técnicas propias de las telecomunicaciones y de este estándar.

Se hizo uso del software Cinema 4D R14 para la creación y animación de los diferentes objetos gráficos que aparecen en el video. Análogamente, usamos el software Adobe Premier CS6 para la edición de audio y video.

Palabras claves: IS-95, CDMA, Control de Potencia, Desvanecimiento, PCB, BIB, SNR, Estación Móvil, Estación Base, Interferencia por Acceso Múltiple, Interferencia Cercano a Lejano, FER, Render.

Abstract

The present paper has as principal objective to develop a didactic tool of explanatory character, that allows telecommunication students and general society the understanding and comprehension, in a clear and easy way, of how the Power Control used in a system IS-95 CDMA works, to be applied in situations such as: interference between the agents that participate in the communication process and reduction of energy that CDMA mobile device use. Additionally, we develop an explicative video as a didactic tool that explains Power Control in IS-95 CDMA general concepts, with the purpose of explain in a simple, easy and less abstract way, the procedures used in this kind of systems, without letting apart the proper telecommunication terminology techniques used in this standard. We used the software Cinema 4D R14 for the creation and animation of the different graphic objects that are shown in the video. Analogously, we used Adobe Premier CS6 software for the audio and video edition. Keywords: IS-95, CDMA, Power Control, Fading, PCB, BIB, Base Station, Multiple Access Interference, Near - Far Interference.

Keywords: IS-95, CDMA, Power Control, Fading, PCB, BIB, SNR, Mobile Station, Base Station, Multiple Access Interference, Near - Far Interference, FER, Render.

1. Introducción

En redes CDMA, implementar un sistema que controle el nivel de energía o potencia transmitida por los usuarios móviles que intervienen en un proceso de comunicación, es una característica indispensable de este tipo de sistemas, ya que este procedimiento minimiza problemas de interferencia debido principalmente a los efectos de la "Interferencia Cercano a Lejano". [4]

El estudio de este proyecto es pensado desde dos puntos de vista básicos:

Desde el punto de vista académico, queremos generar reflexión y debate sobre el control de potencia en redes CDMA, ya que es uno de los factores críticos que minimiza la interferencia en los canales de tráfico de este tipo de redes y que además ayuda a reducir sustancialmente el consumo de energía de los dispositivos móviles al momento de transmitir voz y datos.

Desde un punto de vista socio-cultural, buscamos más allá de que este trabajo sea fuente de investigación o material de apoyo para los estudiantes, contribuir a la sociedad en general aportando mediante un video desarrollado a modo de herramienta didáctica explicativa (video), donde se presenta el proceso básico del funcionamiento del Control de Potencia en redes IS-95 CDMA.

Al final del video se incluyen terminologías básicas y el significado de las abreviaturas utilizadas, con el fin de facilitar la comprensión del desarrollo del video.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Crear una herramienta didáctica visual de carácter explicativo para entender el Control de Potencia en una red IS-95 CDMA.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Explicar la necesidad del Control de Potencia para redes IS-95 CDMA y de cómo este ayuda al ahorro de energía en los equipos móviles.
- ❖ Desarrollar un video a modo de herramienta didáctica que explique la definición,

importancia y funcionamiento del Control de Potencia en una red IS-95 CDMA.

3. Generalidades de una red IS-95 CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access) es un método para acceder a una canal utilizado por diferentes tecnologías de comunicación, como la radio y telefonía móvil, el cual utiliza el espectro ensanchando.

Codifica y transmite varias señales a través de un canal simple al mismo tiempo, gracias a que utiliza la multiplexación de señales. [3][5]

La técnica de espectro ensanchado es un procedimiento por el cual se hace crecer deliberadamente el ancho de banda de una señal, utilizando códigos de ensanchamiento, lo cual añade más seguridad al sistema y no causa problemas de interferencia. [7][8]

De igual forma, la tecnología CDMA es muy resistente frente a desvanecimiento por multi-trayectoria, debido a que solo una pequeña porción de la señal CDMA ensanchada será sometida a atenuación.

La estructura de una red CDMA está compuesta por:

- ❖ Radio (RSS)
- ❖ Transmisión (TSS)
- ❖ Conmutación (NSS)

La Radio está formada por la Estación Base, que es aquella que da cobertura o brinda un área de servicio a las Estaciones Móviles. Estos últimos son los dispositivos finales que intervienen en el proceso de comunicación.

La Transmisión, que son los enlaces de microondas que interconectan los sistemas de Radio y la Conmutación, es aquella que se encarga de la conmutación (dirigir al destino correcto) de las llamadas que han pasado del radio al sistema de transmisión. [7]

El intercambio de datos entre las Estaciones Móviles y las Estaciones Base se lo realiza mediante dos enlaces:

- ❖ Enlace de Retorno.- Son aquellos canales inalámbricos utilizados para el envío de voz, datos e información de control desde el Móvil hacia la Estación Base.
Estos canales son: Canal de Tráfico y el Canal de Acceso. [6][8]
- ❖ Enlace de Ida o Directo.- Son aquellos canales inalámbricos utilizados para el envío de voz, datos e información de control desde las Estaciones Base hacia los Móviles.
Estos canales son: Canal Piloto, Canal de Paging, Canal de Tráfico y el Canal de Sincronización. [6][8]

4. Aspectos Generales del Control de Potencia en IS-95 CDMA.

El Control de Potencia en sistemas IS-95 CDMA, es una herramienta sumamente útil por los beneficios que brinda al proceso de comunicación entre las estaciones móviles y la estación base. [4]

Compensa dinámicamente la pérdida de la potencia de la señal DSSS CDMA debido a las malas condiciones de propagación del entorno y a la distancia entre las estaciones móviles y la estación base en la cual se ve inmersa la comunicación, monitoreándose constantemente indicadores de la calidad de comunicación tales como la Tasa de Error de Trama (FER), la Energía de bit por la densidad de potencia de ruido (Eb/No) y el CRC de las tramas intercambiadas entre una estación móvil y una estación base. [2][3]

La capacidad del sistema se ve maximizada con la implementación del Control de Potencia en IS-95 CDMA, debido a que hay un equilibrio muy estable en cuanto a la potencia que se recibe de la señal de cada móvil. En otras palabras, el Control de Potencia permite que una estación base pueda soportar más usuarios, ya que la potencia que ésta recibe de cada móvil es igual. [4]

Un beneficio adicional directo del Control de Potencia en los móviles que operan en el modo CDMA, es que la energía de la batería que necesitan para su funcionamiento es utilizada más eficientemente, debido a que la potencia en la transmisión de cada trama solo es la necesaria. Esto significa que un móvil que opera en el modo CDMA estará más “tiempo al aire” que otro móvil que use otro tipo de tecnología de comunicación celular de segunda generación. [4]

4.1 Interferencia Cercano a Lejano

Debido a la manera en que fue concebida la tecnología de comunicación CDMA, surgen efectos negativos al momento de implementar una red de este tipo.

La Interferencia por Acceso Múltiple (MAI) es un problema que surge debido a que en la práctica, los códigos generados para identificar a cada usuario no son completamente ortogonales, provocando que la extracción de la señal respectiva de un móvil para un código ortogonal correspondiente tenga cierto nivel de interferencia debido a la presencia de las señales de otros móviles CDMA que operan en el mismo canal. [2]

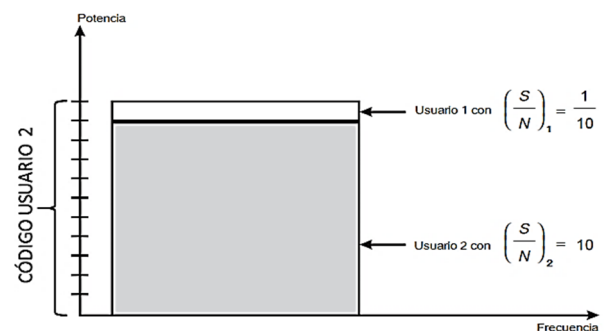


Figura 1. Interferencia por Acceso Múltiple (MAI). [2]

Basados en el criterio de MAI y tomando en cuenta que, en una comunicación real donde varios móviles CDMA que intercambian información de voz y datos con una estación base simultáneamente, el nivel de potencia que recibe la estación base de cada uno de los móviles será diferente para cada caso. Este escenario provocará que las señales de los móviles que están más cerca de la estación base lleguen con una intensidad más fuerte que las señales de aquellos móviles que se encuentran más lejos.

Esta última premisa junto con los efectos de MAI genera un nuevo tipo de problema denominado “Interferencia Cercano a Lejano”, la cual esencialmente se define como la interferencia que sufre un móvil que se encuentra a una distancia d_1 de la estación base debido a la presencia de las señales de otros móviles que se encuentran a una distancia d_i de la estación base, donde $d_1 > d_i$. Por lo tanto, la atenuación L_1 del móvil a una distancia d_1 será mucho mayor que la atenuación L_i del resto de móviles a una distancia d_i de la estación base.

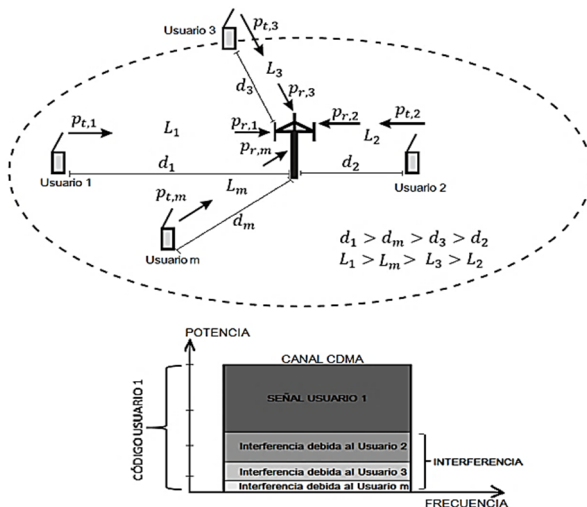


Figura 2. Interferencia Cercana a Lejano [2]

4.2 Control de Potencia en IS-95 CDMA

La definición del estándar IS-95 CDMA define varios procedimientos para la implementación del Control de Potencia en dispositivos móviles y estaciones bases que operen bajo esta tecnología, con el fin de mitigar los efectos de la Interferencia Cercana a Lejano y de cumplir con los objetivos de rendimiento en la comunicación definidos por el usuario tales como, BER (Tasa de error de bit), FER (Tasa de error de trama), capacidad, tasas de llamadas interrumpidas, cobertura, etc.). [3]

Es así que se define dos tipos de Control de Potencia: el primero que se aplica al Enlace de Retorno, el mismo que es usado para la transmisión desde los móviles hacia la estación base, en donde mediante los algoritmos y procedimientos correspondientes se intenta controlar los niveles de potencia transmitidos en cada trama que el móvil envía a la estación base, y el segundo tipo de control de potencia es aplicado al enlace directo, que es usado para el envío de voz y datos desde la estación base hacia los móviles, en donde mediante los algoritmos y procedimientos correspondientes se trata de controlar los niveles de potencia que una estación base transmite a un móvil en particular. [2][3]

4.2 Control de Potencia del Enlace de Retorno.

El control de potencia del Enlace de Retorno se aplica en los canales de Acceso y de Tráfico de este enlace, siendo indispensable el uso de este

procedimiento en este escenario, debido a la Interferencia Cercana a Lejano.

Dos procedimientos de Control de Potencia son implementados para cada canal del Enlace de Retorno: [2][3]

- ❖ Control de Potencia de Lazo Abierto.
- ❖ Control de Potencia de Lazo Cerrado.

El porqué de la implementación de dos procedimientos diferentes de Control de Potencia para un mismo Enlace se lo detalla a continuación:

4.3.1 Control de Potencia de Lazo Abierto (CPLA).

Cuando un móvil es encendido, pasa por varios estados antes de poder iniciar un intercambio de información en general.

Inicialmente el móvil pasa por el Estado de Inicialización, donde selecciona la banda celular y el modo CDMA en que operará durante la comunicación.

Luego, el móvil pasa al Estado Libre del Sistema, donde monitorea los parámetros necesarios en el Canal de Paging del Enlace Directo que transmiten mediante *broadcast* las estaciones base. [2]

Cuando el móvil ha extraído los parámetros necesarios del Canal de Paging del Enlace Directo, pasa al Estado de Acceso al Sistema, en donde iniciará una serie de Intentos de Acceso hacia las estaciones base utilizando como referencia los parámetros de acceso que extrajo del Canal de Paging del Enlace Directo de todas las estaciones base que fueron detectadas. [2]

Ya que el objetivo principal en redes CDMA es transmitir a la menor potencia posible manteniendo siempre un SNR aceptable, inicialmente el móvil transmite con una potencia relativamente baja, calculada en base a la intensidad de la potencia que recibe de cada estación base.

El móvil envía su primera solicitud de conexión a cada estación base encontrada, denominada Sondeo de Acceso, la misma que es la transmisión de un mensaje que consta de una combinación de ceros (símbolo de modulación 0) que ayuda a la sincronización con la estación base y una cápsula de mensaje de canal de acceso o cuerpo del mensaje, que es el campo en el cual se insertan los parámetros necesarios para lograr un acceso exitoso. [1][2][3]

Luego de haber transmitido el primer sondeo de acceso, el móvil espera la respuesta de la estación base a la cual envió el sondeo de acceso, dentro de un intervalo de tiempo determinístico calculado por el móvil.

Si no se recibe respuesta en dicho intervalo de tiempo determinístico, el móvil espera un tiempo aleatorio antes de transmitir el siguiente sondeo de acceso, con el fin de evitar colisiones de señal con otros móviles que estén intentando levantar simultáneamente una conexión con la misma estación base.

Una vez que venció el temporizador aleatorio, el móvil incrementa la potencia de transmisión para el segundo sondeo de acceso a la estación base respectiva, ya que al no obtener una respuesta, el móvil asume que la potencia del primer sondeo de acceso transmitido no fue la suficiente, probablemente por la distancia entre él y la base o por malas condiciones de propagación.

En este segundo sondeo de acceso se añaden otros parámetros que permiten que la potencia que el móvil transmite sea solo la necesaria.

Luego, se espera nuevamente los intervalos de tiempo determinístico y aleatorio respectivamente y se repite el proceso en caso de no obtener respuesta de la estación base.

Si se obtuvo respuesta de una de las estaciones bases a las cuales el móvil envió sondeos de acceso, se dará por finalizado el Intento de acceso a todas las estaciones bases con las cuales se estaba intentado levantar una conexión.

La estación base que respondió a la solicitud de conexión del móvil, proporcionará los parámetros necesarios para el intercambio de voz y datos en el Canal de Tráfico de Regreso.

El proceso de transmitir sondeos de acceso con aumento progresivo de la potencia, se repite hasta un máximo de 16 veces, con el fin de evitar exceso de carga al sistema.

Si dentro de los 16 sondeos de acceso que se envió a una estación base en particular no se obtuvo respuesta, se iniciará un nuevo ciclo de envío de sondeos de acceso, esperando un intervalo de tiempo aleatorio antes de iniciar el nuevo ciclo con el fin de evitar colisiones de señal con otros móviles. [1][2][3]

La estación base que autoriza la conexión del móvil, enviará mediante el Canal de Paging un *Mensaje de Asignación de Canal* con el fin de establecer la llamada o el registro del móvil en el sistema. [1]

El Control de Potencia de Lazo Abierto conlleva ciertos errores de acuerdo a la forma en que opera.

Estos son:

- ❖ Se asume reciprocidad en el Enlace Directo y el Enlace de Retorno. [3]
- ❖ Usa para el cálculo de la potencia que debe transmitir a una estación base en particular, la potencia total recibida incluyendo la potencia de otras estaciones base. [3]
- ❖ Tiempo de respuesta lento (aproximadamente 30 ms), lo cual no es suficiente para compensar el desvanecimiento rápido debido a la trayectoria multi-camino. [3]
- ❖ Adicionalmente proporciona un rango de operación de 32 dB. [3]

4.3.2 Control de Potencia de Lazo Cerrado (CPLC).

Una vez que se logró la conexión exitosa entre el móvil y una estación base, el intercambio de información se lo hará principalmente por los canales de tráfico directo y de regreso.

En este escenario, la estación base toma control sobre los niveles de potencia que puede transmitir un móvil en el canal de tráfico de regreso.

Una vez que la estación base recibe una trama de la estación móvil, la señal pasa por el receptor para extraer la información necesaria.

Luego, la estación base estima dos valores referenciados a E_b/N_0 con el fin de compararlos y decidir si hacer que el móvil incremente o reduzca su potencia en la transmisión de la siguiente trama.

Se estima un valor de E_b/N_0 basado solo en la señal que se recibe directamente del receptor, es decir la señal sin demodular. Este será el E_b/N_0 estimado.

Simultáneamente, se demodula la señal y se estima un valor aproximado de la FER para una secuencia de bits en particular, para hacer el ajuste respectivo donde al final se obtiene un valor umbral

de E_b/N_0 , que será comparado con el E_b/N_0 estimado. [2][3]

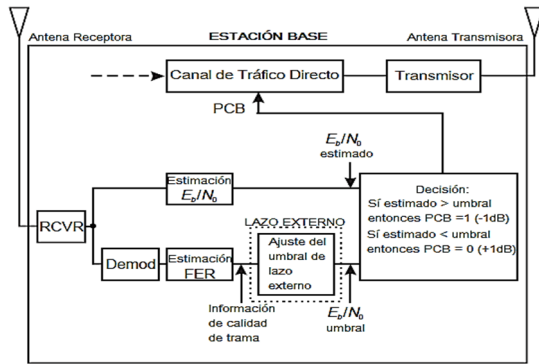


Figura 3. Funciones del Control de Potencia de Lazo Directo en la Estación Base [2]

Sí el valor de E_b/N_0 estimado superó el valor de E_b/N_0 umbral, significa que la calidad de la comunicación es muy buena y por lo tanto, se ordena mediante el envío de $PCB=1$ que el móvil disminuya su potencia en 1 dB en la transmisión de la siguiente trama.

Sí por el contrario, el valor de E_b/N_0 estimado decayó por debajo del valor de E_b/N_0 umbral, significa que la calidad de la comunicación es mala y por lo tanto, se ordena mediante el envío de $PCB=0$ que el móvil aumente su potencia en 1 dB en la transmisión de la siguiente trama.

Los PCBs son insertados en un “sub-canal” de 800 bps en el Canal de Tráfico Directo en la estación base mediante un multiplexor que mezcla la señal de banda base de 19,2 ksps (19,2 kilo-símbolos por segundo). Con esto se consigue que la información para realizar el Control de Potencia *no* amerite la creación de un nuevo canal.

Cuando el móvil recibe $PCB=1$, disminuye la potencia de transmisión en la siguiente trama en 1 dB. Por el contrario, incrementará la potencia en la siguiente trama si recibió un $PCB=0$. [1][2]

Adicional a este incremento o disminución de 1 dB en la transmisión de las tramas subsecuentes, la estación móvil usa los parámetros que utilizó en el Control de Potencia de Lazo Abierto con el fin de ajustar la potencia que transmitirá durante 1,25 ms de la manera más eficiente.

Este incremento en la potencia se ve reflejada directamente en el transmisor, es decir que se

incrementa la potencia de la trama que viene sin importar su contenido. [2]

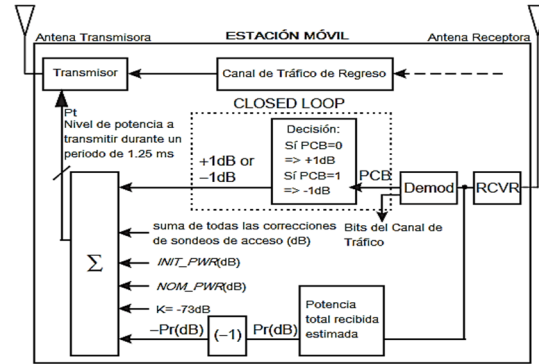


Figura 4. Funciones del Control de Potencia de Lazo Directo en la Estación Móvil [2]

CPLC tiene varias ventajas sobre CPLA, tales como:

- ❖ Toma en cuenta las pérdidas no correlacionadas entre el Enlace Directo y el de Regreso. [3]
- ❖ Permite compensar las fluctuaciones de potencia debido al desvanecimiento rápido Rayleigh. [3]
- ❖ Rango de operación de 48 dB. [3]

4.4 Control de Potencia del Enlace Directo

En CPLC, la estación base tiene control sobre la potencia que transmiten las estaciones móviles con las cuales intercambia información.

Del mismo que aparece la Interferencia Cercano a Lejano en los móviles si no se implementa un procedimiento de Control de Potencia, surgen otras interferencias al no tiene cuidado con los niveles de potencia que transmite la estación base en el Canal de Tráfico Directo en un proceso de comunicación.

Idealmente, en Control de Potencia no es necesario en el Enlace Directo, debido a que la estación base transmite todos los canales coherentemente en la misma banda RF. [2]

De esta manera, si en un proceso de comunicación entre una estación base y varias estaciones móviles se pueden considerar despreciables el ruido térmico y el ruido de fondo, lo que llegará a un móvil en particular será una señal compuesta de las señales de los otros móviles, tal que dichas señales se desvanecerán juntas. Es decir,

las señales de los otros móviles llegarán con igual SNR que la señal del móvil mencionado. [2]

Sin embargo, en un proceso de comunicación real, un móvil en particular puede experimentar interferencia de fondo muy grande o sufrir una gran pérdida de paso tal que la señal que llega al móvil será del orden del ruido térmico. Por lo tanto, aún es necesario el control de potencia en el Enlace Directo. [2]

Debido a que existen dos tipos de Conjuntos de Tasas de datos (RS1 y RS2) con las que puede funcionar el Canal de Tráfico Directo, se han definido dos tipos de Control de Potencia para cada caso. [1][3]

Las tasas de datos que se agrupan en RS1 contiene cuatro elementos, específicamente 9600, 4800, 2400 y 1200 bps. Para RS2 se agrupan 14400, 7200, 3600 y 1800 bps. [1][3]

4.4.1 Control de Potencia del Enlace Directo para RS1.

La estación móvil monitorea la FER de cada trama recibida de la estación base en el Canal de Tráfico Directo y reportará estadísticas de la FER mediante el *Mensaje de Reporte de Medición de Potencia* cuando ocurra uno de los siguientes escenarios:

- ❖ Se establezca periódicamente el envío de estadísticas de la FER o,
- ❖ Se envía el reporte de estadísticas cuando la FER alcanza un umbral específico.

Cuando la estación base recibe un *Mensaje de Reporte de Medición de Potencia*, incrementará o disminuirá la potencia de transmisión del Canal de Tráfico Directo, basada en las estadísticas que recibió. [1][2]

4.4.2 Control de Potencia del Enlace Directo para RS2.

Para RS2, se usa un bit denominado *Bit Indicador de Borrado (BIB)*, el cual es puesto a 1 cuando la estación móvil recibe tramas dañadas de la estación base, con el fin de que se incremente la potencia de transmisión en el Canal de Tráfico Directo de la siguiente trama. [1][3]

Por otro lado, el móvil pone en 0 el valor de *Bit Indicador de Borrado* cuando recibe una trama sin

errores, con el fin de que la estación base disminuya la potencia de transmisión en el Canal de Tráfico Directo. [1][3]

5. Desarrollo de un video a modo de Herramienta Didáctica Explicativa.

Existen muchos trabajos sobre el funcionamiento del Control de Potencia en IS-95 CDMA, donde la explicación de los procedimientos y algoritmos que se ejecutan en los móviles y estaciones bases del Control de Potencia suele ser muy compleja y abstracta.

Debido a esto, se realizó una animación a modo de herramienta didáctica, donde se trató de explicar lo mejor posible el funcionamiento del Control de Potencia en IS-95 CDMA.

Para la realización de esta herramienta didáctica, se utilizó el software Cinema 4D R14, para el modelado y animación de las piezas gráficas creadas en el video.

Pese a que la complejidad del manejo de Cinema 4D suele ser alta, este software es mucho más amigable que otros software con el mismo propósito.

La edición de este video se realizó en Adobe Premier CS6, el mismo que permite añadir audio y objetos gráficos sencillos sobre el video que fue creado, permitiendo crear los mensajes que aparecen en los móviles y estaciones bases cuando realizan una acción determinada en el video.

Para el modelado de la mayoría de las piezas, se utilizaron objetos paramétricos (figuras geométricas), donde realizando cortes en lugares estratégicos del objeto paramétrico, se deformó su estructura hasta obtener el modelo deseado.

Luego sigue el proceso de texturizado, el cual implica darle realismo a la pieza gráfica con colores, relieves, profundidad y más detalles que lo hagan parecer real y tangible.

Se añaden efectos adicionales de iluminación transparencia que permiten una mejor apreciación del objeto cuando se mueve en un entorno animado.

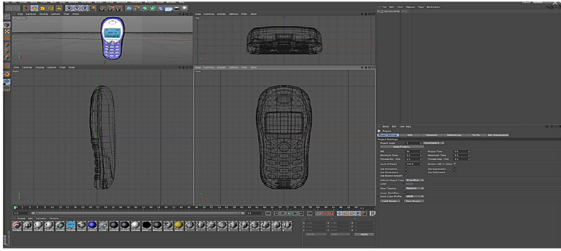


Figura 5. Plano final del móvil CDMA Siemens

Una vez que se han construido las piezas gráficas, se realiza el proceso de animación dándole movimiento en tiempo y espacio a los objetos gráficos mencionados.

El proceso final es renderizar las animaciones que fueron hechas, con el objetivo de ser procesar y convertir las animación en un solo “cuerpo” (video).

Se elige el formato de video que se requiere, se realiza la edición respectiva y se agregan las plantillas de terminología y definiciones básicas utilizadas en el video, y una plantilla de los créditos del video, donde se colocó las personas que crearon el video y los colaboradores para este proceso.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- ❖ Se logró desarrollar un video que pueda explicar cómo funciona el Control de Potencia en IS-95 CDMA, mediante animaciones sencillas y claras usando en software de animación Cinema 4D R14 y el software de edición de audio y video Adobe Premier CS6.
- ❖ Este trabajo se basó principalmente en la definición del Estándar IS-95 B, ya que este es una fusión de otros tres estándares, incluido el IS-95 A, por lo cual usamos el documento que describe a IS-95 B.
- ❖ La implementación del Control de Potencia en una comunicación basada en IS-95 CDMA mitiga los efectos del problema de Cercano-a-Lejano e Interferencia por Acceso Múltiple.

6.2. Recomendaciones

- ❖ Recomendamos que al hacer un proyecto de este tipo, el video se lo haga usando el ‘software de animación Cinema 4D R14, por su relativa facilidad al momento de usarlo y

crear un video con cualquier tipo de animación.

- ❖ Se recomienda tener la asesoría de personas que estén familiarizadas con la producción de videos, en especial cuando los autores deseen realizar un video específico sobre algún tema y los conocimientos que tengan sobre creación, animación y producción de videos sean escasos o pocos.
- ❖ Para la creación, animación y producción del video, se recomienda el uso de una computadora de alta capacidad de procesamiento, debido a que el software Cinema 4D necesita de una gran cantidad de RAM y gran velocidad de procesamiento del procesador.

7. Bibliografía

- [1] TIA/EIA-95-B, “Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual- Mode Spread Spectrum Systems”, Octubre 31, 1998.
- [2] Yang C. Samuel, “CDMA RF System Engineering” Artech House, 1998.
- [3] Vijay K. Garg, University of Illinois “IS-95 CDMA and cdma2000: Cellular/PCS Systems Implementation” Prentice Hall, Septiembre 1999.
- [4] Muñoz Rodríguez David, “Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V., 2002.
- [5] Couch León, “Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos”, Prentice Hall, 1997.
- [6] Mohammed Elmusrati, “Power Control and Mimo Beamforminf in CDMA Mobile Communication Systems”, <http://autsys.aalto.fi/pub/control.tkk.fi/rpt/r129isbn9512261022.pdf>, fecha de consulta Octubre 2013.
- [7] Kerala Police, “CDMA Concepts”, <http://www.keralapolice.org/telecommunication/refpdf/CDMA%20CONCEPTS.pdf>, fecha de consulta Octubre 2013
- [8] Hsiao Hwa Chen, “The Next Generation CDMA Technologies”, http://wwwunix.ecs.umass.edu/~zhlai/ece645_files/ECE645_Fall2011_CDMA.pdf, fecha de consulta Noviembre 2013.